

Undersökningar
över
atomspektra av
joniserat natrium och magnesium

AV

THOMAS LUNDSTRÖM
FIL. KAND., BL.

LUND 1973
CARL BLOMS BOKTRYCKERI A.-B.

Undersökningar
över
atomspektra av
joniserat natrium och magnesium

AKADEMISK AVHANDLING

SOM FÖR AVLÄGGANDET AV FILOSOFIE DOKTORSEXAMEN VID
MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA FAKULTETEN VID UNI-
VERSITETET I LUND KOMMER ATT OFFENTLIGEN FÖRSVARAS
Å FYSISKA INSTITUTIONENS FÖRELÄSNINGSSAL B FREDAGEN
DEN 11 MAJ KL. 10.15

AV

THOMAS LUNDSTRÖM

FIL. KAND., BL.

LUND 1973

CARL BLOMS BOKTRYCKERI A.-B.



Undersökningar över atomspektra av joniserat natrium och magnesium

Avhandlingen omfattar följande fyra arbeten:

- I. The Spectrum of Na III between 380 and 180 Å. *Physica Scripta* 5, 243 (1972). (Tillsammans med L. Minnhagen.)
- II. Ground Term Combinations of Mg III. *Physica Scripta*, under tryckning.
- III. Extended Analysis of the Spectrum of Mg IV. *Physica Scripta* 6, 129 (1972). (Tillsammans med G.-A. Johannesson och L. Minnhagen.)
- IV. 4f, 5f and 5g Energy Levels of Mg IV. *Physica Scripta*, under tryckning. (Tillsammans med G.-A. Johannesson.)

Den första mera omfattande analysen av dubbelt joniserat natrium, Na III, kom 1934 genom Söderqvist [1]. Den baserades dels på grundtillståndsövergångar (380—180 Å) och dels på övergångar inom det exciterade systemet (2600—1900 Å). Mätningar i området 2600—1100 Å publicerades senare av Tomboulion [2], som slopade några få av Söderqvists nivåer och angav ett stort antal nya. Under senare tid har området 2550—1300 Å undersökts vid Avdelningen för atomfysik, LTH, med långt bättre experimentell utrustning och den tidigare analysen har reviderats och utvidgats [3]. Då resultaten förelåg i form av ett system av exciterade nivåer med hög inre noggrannhet, hade avdelningens nykonstruerade vakuum-spektrograf för strykande infall färdigställt. Den täcker området 50—500 Å.

Målet för arbete I var att utnyttja detta instrument till att observera och mäta grundtillståndsövergångarna så fullständigt och noggrant som möjligt samt fastlägga det exciterade systemet i förhållande till grundtillståndet. I arbete I beskrivs spektrografen. (En detaljerad beskrivning av instrumentet samt injusteringsförfarandet finns i form av en intern rapport, som sammanställts i samarbete med Peter Hellentin.) Spektrum erhöles från en glidande gnista med en Laviteisolator mellan natrium-

fyllda berylliumelektroder. Spektrallinjerna har mätts mot noggrant bestämda syrelinjer av olika jonisationsstadier. Totalt har ett 90-tal Na III linjer observerats varav ca 50 rapporteras för första gången. Det exciterade systemet har fastlagts genom noggrann mätning av dels resonanslinjerna, $2s^2 2p^5 \ ^2P - 2s 2p^6 \ ^2S$, vid 380 Å i högre ordningar dels linjen $2s 2p^6 \ ^2S_{1/2} - 2s^2 2p^4 ({}^3P) 3p \ ^2P_{3/2}$ vid 649 Å i första ordningen i en 3-meters normalincidensspektrograf. Detta tillsammans med den höga inre noggrannheten hos det exciterade systemet har medgivit att en konsistent och noggrann uppsättning av våglängder i området 273—195 Å kunnat beräknas. Den relativa våglängdsnoggrannheten är bättre än 0.001 Å medan den absoluta uppskattats till bättre än 0.002 Å. Klassificeringen av omkring 30 linjer i området 195—181 Å har givit ca 20 nivåer med $J \leq 5/2$ tillhörande 5s och 4d konfigurationerna.

En omfattande revidering och utvidgning av Söderqvists analys av Mg III från 1934 [1] hade gjorts vid avdelningen [4] baserad på övergångar inom det exciterade systemet. Resultatet var ett stort antal exciterade nivåer med hög inbördes men avsevärt lägre absolut noggrannhet. I arbete II har grundtillståndskombinationerna från nivåer med $J=1$ tillhörande $2p^5 ns$ och nd konfigurationerna registrerats i den ovannämnda spektrografen för strykande infall. Som ljuskälla har i arbete II, liksom i arbetena III och IV, använts en glidande gnista med magnesiumelektroder. Genom dessa mätningar har det exciterade nivåsystemet kunnat fastläggas så noggrant att de från dessa nivåer beräknade våglängderna i området 235—169 Å har en uppskattad absolut noggrannhet av ungefär 0.002 Å, medan den inre är ungefär en tiopotens högre. Självomvändning har observerats hos de starkaste linjerna. Denna effekt visade sig öka med excitationsenergien men minska med huvudkvantalet för den övre nivån.

Närmast Na III i F I sekvensen följer Mg IV. Den i AEL [5] befintliga analysen går tillbaka till Söderqvists undersökningar från 1934 [1], som sedermera delvis reviderades av Robinson. Den enda kompletta konfigurationen var 3s. I 4s saknades kvartettnivåerna, i 3p dublett-nivåerna och i 3—5d alla nivåer med $J > 5/2$. Syftet med arbete III var att kontrollera och utvidga analysen. Spektrum har registrerats i områdena 324—118 Å och 1956—800 Å. Analysen av de ca 260 observerade linjerna har lett fram till delvis helt nya resultat beträffande $2p^4 4s$, 5s, 3p, 3d, 4d och 5d konfigurationerna. Kompletta $2p^4 3s$, 4s,

3p och 3d konfigurationer föreligger nu, varav de med föräldratillhörigheten 3P och 1D är noggrant sammanknutna genom ett antal interkombinationslinjer. Grundtermsanknytningen har gjorts via de noggrant mätta resonanslinjerna samt de båda $2s2p^6\ ^2S_{1/2} - 2s^22p^4(^1D, ^1S)3p\ ^2P_{3/2}$ övergångarna. Ett stort antal våglängder i området 185—130 Å har beräknats med en uppskattad absolut noggrannhet av 0.001—0.002 Å. Den relativa våglängdsnoggrannheten inom linjegruppen är omkring 0.0005 Å.

Minsta kvadratanpassning av de teoretiska energimatrisererna till de experimentella 3s, 4s, 3p och 3d nivåerna har gjorts och visar att det stora flertalet nivåer uppvisar god LS-karaktär. Seriegränsen $2p^4\ ^3P_2$ har beräknats till $881\,190\text{ cm}^{-1}$ genom att applicera en Ritzformel på en serie bestående av $ns(^2P_{3/2} + ^4P_{3/2})$ summor ($n=3,4,5$). Detta värde ligger ca 570 cm^{-1} under det av Söderqvist angivna.

Samma undersökning av Mg IV har samtidigt gjorts av Artru och Kaufman [6]. Analysen överensstämmer i allmänhet väl med vår. Bestämningen av jonisationsenergien har i deras fall baserats på (1D)ns serien och givit ett värde, som ligger ca 400 cm^{-1} lägre än det av oss funna.

En preliminär rapport av arbetena I, II och III gavs vid EGAS konferensen i Reading 1971.

Ett stort antal oidentifierade Mg IV linjer vid 1000 Å gav impulsen till ett försök att utvidga analysen till konfigurationer med $l > 2$. Jonisationsenergien skulle kunna bestämmas noggrannare med utgångspunkt från sådana nivåer. I arbete IV redovisas resultaten av denna undersökning. 90 linjer i området 1130—970 Å gav en komplett $2p^44f$ konfiguration så när som på de båda (1S)4f nivåerna. I $2p^45f$ konfigurationen har de båda tyngsta nivåparen baserade på $2p^4\ ^3P_2$ kunnat fastläggas. I området kring 2500 Å har 23 linjer identifierats som 4f—5g övergångar och givit de fullständiga nivågrupperna $2p^4(^3P, ^1D)5g$. En minsta kvadratanpassning av de teoretiska energimatrisererna i JK-schemat till de experimentella 4f och 5g nivåerna har gjorts. Olika sätt att förbättra beskrivningen av vissa paruppspaltningar i 4f genom att från början fixera utbytesintegralerna G^2 och G^4 vid olika värden diskuteras.

Jonisationsenergien har bestämts genom applicering av polarisationsformeln på tyngdpunkterna för nivågrupperna $2p^4(^3P_2)4f$, 5f och 5g.

Dessa energityngdpunkter har beräknats från observerade nivåvärden med hjälp av de teoretiska energiuttrycken. Det funna värdet på $2p^4\ ^3P_2$ gränsen är $881\,285 \pm 10\text{ cm}^{-1}$ över grundtillståndet, dvs ca 100 cm^{-1} högre än det värde vi tidigare funnit från (3P)ns serien. Genom användandet av en formel av Edlén [7] har följande värde på $2p^4\ ^3P_2$ gränsen i Na III erhållits genom interpolation: $577\,654\text{ cm}^{-1}$. Detta skall jämföras med Söderqvists $578\,033\text{ cm}^{-1}$, samt $577\,713\text{ cm}^{-1}$ framräknat av Edlén [7].

Till min lärare, professor Lennart Minnhagen, vill jag rikta ett varmt tack för den inspirerande handledning jag fått under de gångna åren. Det livliga intresse han visat mitt arbete har varit mycket stimulerande.

Fil. mag. Gustaf-Adolf Johannesson vill jag tacka för ett gott samarbete och medförfattarskap. Till fil. lic. Jörgen Hansen och fil. dr. Elvir Andersson, vilka bidragit med de teoretiska beräkningarna på s, p, d, f respektive g konfigurationerna, vill jag här framföra ett tack.

Till alla kollegor och vänner på avdelningen, som hjälpt mig i mitt arbete, vill jag slutligen rikta ett hjärtligt tack.

Referenser

1. Söderqvist, J., Nova Acta Reg. Soc. Sci. Uppsala [IV] 9, No. 7 (1934)
2. Tomboulion, D. H., Phys. Rev. 54, 347 (1938)
3. Minnhagen, L. and Nietsche, H., Physica Scripta 5, 237 (1972)
4. Andersson, E. and Johannesson, G.-A., Physica Scripta 3, 203 (1971)
5. Moore, Ch. E., Atomic Energy Levels, Nat. Bur. Stand. Circ. 467, Vol. I, 111 (Wash. 1949)
6. Artru, M.-C. and Kaufman, V., J. Opt. Soc. Am. 62, 949 (1972)
7. Edlén, B., Topics in Modern Physics (Boulder 1971)



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552414_0030

